

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar83176>

Обзорная статья



# Современные подходы и перспективные направления в профилактике и лечении повреждения органа слуха шумом высокой интенсивности у военнослужащих

В.В. Дворянчиков<sup>1</sup>, М.С. Кузнецов<sup>2</sup>, А.Е. Голованов<sup>2</sup>, Л.А. Глазников<sup>2</sup>, А.Л. Пастушенков<sup>3</sup><sup>1</sup> Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup> Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;<sup>3</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Специфика военного труда, действие вредных, а подчас и опасных факторов в виде импульсного шума, ударной волны, постоянного шума высоких уровней приводят к риску развития акутравматического повреждения органа слуха у военнослужащих. Актуальность проблемы обусловлена отсутствием единой теории патогенеза заболевания, низкой эффективностью существующих в настоящее время подходов к лечению и недостаточной реализацией системы профилактических мероприятий, направленных на сохранение слуха и укрепление здоровья лиц, работающих в условиях повышенной шумовой нагрузки. Действие шума высокой интенсивности вызывает нарушение микроциркуляции во внутреннем ухе и как следствие приводит к развитию гипоксии. В результате указанных выше процессов происходят изменение биоэнергетики клеток, накопление активных форм кислорода и азота, приводящих к окислительному стрессу, а затем к их программируемой и/или некротической гибели. Помимо повреждения волосковых клеток происходит и необратимое повреждение нейронов спирального ганглия. По данным современных исследований установлено, что ключевая роль в регуляции кислородного гомеостаза в условиях гипоксии отводится молекуле индуцированного ею фактора. Это, несомненно, стимулирует поиск препаратов, действующих на нее как на молекулу-мишень, с целью купирования тугоухости шумовой этиологии. В статье приводятся данные о частоте акутравматического повреждения органа слуха шумом высокой интенсивности у военнослужащих, а также современные представления о патогенезе заболевания. Особое внимание уделено анализу подходов к лечению острой сенсоневральной тугоухости и перспективам профилактического и лечебного применения антигипоксантов.

**Ключевые слова:** акустическая травма; антигипоксанты; лечение; острая сенсоневральная тугоухость; профилактика; шум высокой интенсивности; гипоксией индуцированный фактор.

## Как цитировать:

Дворянчиков В.В., Кузнецов М.С., Голованов А.Е., Глазников Л.А., Пастушенков А.Л. Современные подходы и перспективные направления в профилактике и лечении повреждения органа слуха шумом высокой интенсивности у военнослужащих // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2022. Т. 41. № 1. С. 43–48. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar83176>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar83176>

Review Article

# Modern approaches and perspectives on the prevention and treatment of high-intensity noise damage in military personnel

Vladimir V. Dvorianchikov<sup>1</sup>, Maxim S. Kuznetsov<sup>2</sup>, Andrei E. Golovanov<sup>2</sup>, Lev A. Glasnikov<sup>2</sup>, Alexander L. Pastushenkov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia

The specifics of military labor, the effect of harmful, and sometimes dangerous factors in the form of impulse noise, shock waves, constant high-level noise, leads to the risk of developing acutramatic damage to the hearing organ in military personnel. The urgency of the problem is caused by the lack of a unified theory of the pathogenesis of the disease, the low efficiency of currently existing treatment approaches and the insufficient implementation of a system of preventive measures aimed at hearing preservation and health improvement of people working in conditions of increased noise load. The effect of high-intensity noise causes a disorder of microcirculation in the inner ear resulting in the development of hypoxia. As a result of the above-mentioned processes, there are changes in bioenergetics of cells, accumulation of reactive oxygen and nitrogen forms, leading to oxidative stress, and then to their programmed and/or necrotic death. In addition to hair cell damage, irreversible damage to spiral ganglion neurons also occurs. According to current studies, it has been established that the key role in the regulation of oxygen homeostasis under hypoxia is played by a molecule of the factor induced by it. This undoubtedly stimulates the search for drugs acting on it as a target molecule for the treatment of hearing loss of noise etiology. The paper presents data on the incidence of acutramatic damage to the hearing organ due to noise of high intensity in military personnel, as well as the current views on the pathogenesis of the disease. Particular attention is paid to the analysis of approaches to the treatment of acute sensorineural hearing loss and the prospects for preventive and therapeutic use of antihypoxants.

**Keywords:** acoustic trauma; antihypoxants; treatment; acute sensorineural hearing loss; prevention; high-intensity noise; hypoxia-inducible factor.

**To cite this article:**

Dvorianchikov VV, Kuznetsov MS, Golovanov AE, Glasnikov LA, Pastushenkov AL. Modern approaches and perspectives on the prevention and treatment of high-intensity noise damage in military personnel. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2022;41(1):43–48. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar83176>

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Проблема акустического повреждения органа слуха сохраняет свою актуальность из-за отсутствия единой теории патогенеза заболевания, низкой эффективности существующих в настоящее время подходов к лечению и недостаточной реализации системы профилактических мероприятий, направленных на сохранение слуха и укрепление здоровья лиц, работающих в условиях повышенной шумовой нагрузки [1].

По данным литературы, шумы, превышающие 90 дБ, относят к высокоинтенсивным [2]. Акутравматическое повреждение органа слуха шумами высокой интенсивности отмечается у работников различных отраслей промышленности, но больше характерно для военного труда [3–5]. Принятие на вооружение новых образцов оружия и военной техники, низкий уровень гигиенической компетентности личного состава в применении средств индивидуальной защиты органа слуха приводят к снижению военно-профессионального потенциала и увеличению заболеваемости органа слуха военнослужащих [6, 7]. По данным J. Labarere et al., острая акустическая травма у военнослужащих встречается с частотой 156 случаев на 100 000 человек [8]. В результате проведения кросс-секционного анализа у военнослужащих Франции за период с 2007 по 2014 г. было зарегистрировано 10487 акустических травм. В работе установлено, что возраст пострадавших не превышал 25 лет и мужчины имели почти в два раза больший риск поражения, чем женщины. Факт травмы чаще всего устанавливался при проведении военных учений [9]. Постоянное повышение порогов слуха среди военнослужащих после базовой подготовки в стрельбе из баллистического оружия составляет около 13 % [10].

К сожалению, диагностика и лечение данной патологии не проводятся своевременно, что приводит к стойким нарушениям слуха и инвалидизации пострадавших [11, 12].

Актуальной задачей является разработка лекарственных средств с целью медикаментозной коррекции нарушений слуха шумовой этиологии [13]. Основной терапевтической стратегией является разработка препаратов, оказывающих патогенетическое влияние на молекулярном уровне [14].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно современным клиническим рекомендациям, для купирования острой тугоухости у взрослых применяются следующие лекарственные средства: глюкокортикостероиды, вазоактивные препараты, антигипоксанты и антиоксиданты, витамины, ноотропы [15].

Впервые обоснованность применения глюкокортикостероидов при острой сенсоневральной тугоухости была доказана в результате проведенного двойного слепого

исследования W.R. Wilson et al. [16]. Эта группа препаратов в настоящее время считается «золотым» стандартом в лечении данной патологии.

Используются различные способы введения препаратов данной группы: пероральный, внутривенный, транстимпанальный, транстубарный или их комбинации. Обращает на себя внимание тот факт, что в настоящее время нет единого мнения о дозе, пути введения препаратов и продолжительности лечения.

Y.S. Chang et al. в своей работе обосновали необходимость раннего начала лечения и эффективность перорального и интратимпанального введения стероидов для лечения пациентов с акустической травмой, возникшей после учебных стрельб [17]. N. Choi et al. рекомендуют для лечения акутравматического повреждения органа слуха шумом высокой интенсивности пероральный курсовой прием преднизолона в дозе 60 мг в день в течение 10 дней с последующим уменьшением дозы препарата [18]. Однако в ряде публикаций авторы ставят под сомнение эффективность системного применения глюкокортикостероидов из-за отсутствия статистически значимого различия между группой, получающей их, и группой, получающей плацебо, а также при сравнении с группами, получающими другие лекарственные препараты [19].

Патологические изменения в кортиевом органе на фоне избыточной шумовой нагрузки связывают с нарушением микроциркуляции, причиной которого является спазм лабиринтной артерии [20]. В связи с этим показано применение вазоактивных препаратов, которые способствуют улучшению кровоснабжения улитки и нормализации реологических показателей крови.

Некоторые авторы предлагают первым этапом осуществлять курсовое (в течение 10 дней) парентеральное введение глюкокортикостероидов с периферическими вазодилататорами с последующим пероральным приемом последних от 1 до 3 мес. Так, A. Mardassi et al. при лечении 64 военнослужащих с акустической травмой, применяя данную схему, наблюдали восстановление порогов слуха в 52 (81 %) случаях [21]. Хороший лечебный эффект отмечен при применении комбинации вазоактивной терапии (ксантинола никотинат, пентоксифиллин) в сочетании с витаминами группы В. У пациентов с I и II степенями тугоухости (62 %) восстановление слуха было полным [22].

Нарушения микроциркуляции во внутреннем ухе при акутравматическом воздействии приводят к отеку сосудистой полоски, гипоксии и окислительному стрессу [23]. Активные формы кислорода и азота запускают в клеточные пути гибели (некроз, апоптоз) волосковых клеток, что клинически проявляется сенсоневральной потерей слуха [24]. В связи с этим обосновано профилактическое (отопротективное) и лечебное применение антиоксидантов и антигипоксантов при воздействии шума огнестрельного оружия [25, 26].

Первые антигипоксанты (гутимин, амтизол) были синтезированы и изучены под руководством профессоров В.М. Виноградова и Л.В. Пастушенкова на кафедре фармакологии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова [27]. Но, к сожалению, несмотря на высокую эффективность, они имели нестабильную лекарственную форму и в настоящее время не производятся.

В настоящее время в мировой литературе большое внимание уделяется изучению гипоксией индуцированного фактора (HIF), за открытие которого Грег Семенца, Питер Рэклифф и Билл Кейлин в 2019 г. были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине [28]. В условиях гипоксии две субъединицы, HIF-1 $\alpha$  и HIF-1 $\beta$ , проникают в ядро клетки и регулируют экспрессию сотен генов мишеней, участвующих в ангиогенезе, эритропоэзе, углеводном обмене, клеточной пролиферации и т. д. [29]. В исследовании J.H. Рак установлено, что в условиях прекондиционирования дихлоридом кобальта происходит повышение экспрессии HIF-1 $\alpha$  и реализуется защитное действие на орган Корти при шумовом воздействии [30]. В процессе экспериментальных исследований по изучению антигипоксанта (производного триазиноиндола) на модели акустической травмы нами установлено дозозависимое увеличение экспрессии HIF в волосковых клетках и спиральном ганглии как при его профилактическом, так и лечебном применении. В то же время отмечалась нормализация электрофизиологических показателей слуха у экспериментальных животных (мыши) [31].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании анализа литературных данных можно сделать вывод о том, что для лечения

и профилактики повреждения органа слуха при шумовом воздействии используются несколько основных групп лекарственных препаратов, действие которых направлено на различные патогенетические звенья заболевания. Одни из них (вазоактивные препараты, антиоксиданты, витамины) хотя хорошо изучены и вполне безопасны, но недостаточно эффективны. Другие же (глюкокортикостероиды) имеют большое количество противопоказаний и побочных эффектов.

Перспективной группой препаратов, которые требуют дальнейшего изучения и внедрения в клиническую практику для предотвращения функциональных дегенеративных изменений в структурах периферического отдела слухового анализатора при акутравматическом воздействии, являются антигипоксанты.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Финансирование данной работы не проводилось.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ.

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панкова В.Б., Федина И.Н. Профессиональные заболевания лор-органов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 544 с.
2. Профессиональная патология / Под ред. Н.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 784 с.
3. Аденинская Е.Е., Горблянский Ю.Ю., Хоружая О.Г. Сравнительный анализ особенностей профессиональной нейросенсорной тугоухости у работников различных отраслей экономики // Бюллетень ВЧНЦ СО РАМН. 2013. Т. 94, № 6. С. 87–91.
4. Yehudai N., Fink N., Shpriz M., Marom T. Acute Acoustic Trauma among Soldiers during an Intense Combat // J. Am. Acad. Audiol. 2017. Vol. 28, No. 5. P. 436–443. DOI: 10.3766/jaaa.16043
5. Ахметзянов И.М., Зинкин В.Н., Логаткин С.М., и др. Импульсный шум при стрельбе из стрелкового оружия и средств ближнего боя как фактор военного труда // Военно-медицинский журнал. 2012. Т. 333, № 6. С. 52–58.
6. Логаткин С.М., Кузнецов С.М., Терентьев Л.П., и др. Гигиеническая компетентность военнослужащих артиллерийских подразделений в области применения средств индивидуальной защиты органа слуха // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. № 3. С. 94–98.
7. Хасиев Н.Д., Мясин Д.В. Профессиональная патология военнослужащих, обусловленная воздействием шума // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2020. Т. 39, № S1. С. 263–265. DOI: 10.17816/rmmar43451
8. Labarère J., Lemardeley P., Vincey P., et al. Traumatismes sonores aigus en population militaire. Bilan d'une année de surveillance épidémiologique // Presse médicale. 2000. Vol. 29, No. 24. P. 1341–1344.
9. Medina-Garin D.R., Dia A., Bedubourg G., et al. Acute acoustic trauma in the French armed forces during 2007–2014 // Noise Health. 2016. Vol. 18, No. 85. P. 297–302. DOI: 10.4103/1463-1741.195802
10. Marshall L., Lapsley Miller J.A., Heller L.M., et al. Detecting incipient inner-ear damage from impulse noise with otoacoustic emissions // J. Acoust. Soc. Am. 2009. Vol. 125, No. 2. P. 995–1013. DOI: 10.1121/1.3050304
11. Дворянчиков В.В., Миронов В.Г., Григорьев С.Г., и др. Характеристика современной боевой травмы уха // Военно-медицинский журнал. 2020. Т. 341, № 6. С. 16–20.
12. Бабаев С.Ю., Козаренко Е.А., Митрофанова Н.Н., и др. Лечение акустической травмы, полученной после стрельб, в услови-

ях многопрофильного госпиталя // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2018. № 2 (46). С. 120–130.

13. Ding T., Yan A., Liu K. What is noise-induced hearing loss? // Br. J. Hosp. Med. (Lond.). 2019. Vol. 80, No. 9. P. 525–529. DOI: 10.12968/hmed.2019.80.9.525

14. Moser T. Molecular Understanding of Hearing – How Does This Matter to the Hearing Impaired? // Laryngorhinootologie. 2018. Vol. 97. P. 214–230. DOI: 10.1055/s-0043-121595

15. Сенсоневральная тугоухость у взрослых. Клинические рекомендации. М., 2016. 27 с.

16. Wilson W.R., Byl F.M., Laird N. The efficacy of steroids in the treatment of idiopathic sudden hearing loss. A double-blind clinical study // Arch. Otolaryngol. 1980. Vol. 106, No. 12. P. 772–776. DOI: 10.1001/archotol.1980.00790360050013

17. Chang Y.S., Bang K.H., Jeong B., et al. Effects of early intratympanic steroid injection in patients with acoustic trauma caused by gunshot noise // Acta Otolaryngol. 2017. Vol. 137, No. 7. P. 716–719. DOI: 10.1080/00016489.2017.1280850

18. Choi N., Kim J.S., Chang Y.S. Comparison of oral steroid regimens for acute acoustic trauma caused by gunshot noise exposure // J. Laryngol. Otol. 2019. Vol. 133, No. 7. P. 566–570. DOI: 10.1017/S002221511900121X

19. Conlin A.E., Parnes L.S. Treatment of sudden sensorineural hearing loss: I. A systematic review // Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. 2007. Vol. 133, No. 6. P. 573–581. DOI: 10.1001/archotol.133.6.573

20. Pogson J.M., Taylor R.L., Young A.S., et al. Vertigo with sudden hearing loss: audio-vestibular characteristics // J. Neurol. 2016. Vol. 263, No. 10. P. 2086–2096. DOI: 10.1007/s00415-016-8214-0

21. Mardassi A., Turki S., Mbarek H., et al. Acute acoustic trauma: how to manage and how to prevent? // Tunis Med. 2016. Vol. 94, No. 11. P. 664.

22. Zivić L., Zivić D., Stojanović S. Sudden hearing loss our experience in treatment with vasoactive therapy // Srp. Arh. Celok. Lek. 2008. Vol. 136, No. 3–4. P. 91–94. DOI: 10.2298/sarh0804091z

23. Kurabi A., Keithley E.M., Housley G.D., et al. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss // Hear. Res. 2017. Vol. 349. P. 129–137. DOI: 10.1016/j.heares.2016.11.013

24. Fetoni A.R., Paciello F., Rolesi R., et al. Targeting dysregulation of redox homeostasis in noise-induced hearing loss: Oxidative stress and ROS signaling // Free Radic. Biol. Med. 2019. Vol. 135. P. 46–59. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.02.022

25. Rosenhall U., Skoog B., Muhr P. Treatment of military acoustic accidents with N-Acetyl-L-cysteine (NAC) // Int. J. Audiol. 2019. Vol. 58, No. 3. P. 151–157. DOI: 10.1080/14992027.2018.1543961

26. Altschuler R.A., Halsey K., Kanicki A., et al. Small arms fire-like noise: effects on hearing loss, gap detection and the influence of preventive treatment // Neuroscience. 2019. Vol. 407. P. 32–40. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.07.027

27. Виноградов В.М. Некоторые итоги и перспективы изучения гутимина — одного из первых антигипоксических средств. Фармакология амидиновых соединений. Кишинев: Штиинца, 1972. С. 106–114.

28. Semenza G.L. Pharmacologic Targeting of Hypoxia-Inducible Factors // Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 2019. Vol. 59. P. 379–403. DOI: 10.1146/annurev-pharmtox-010818-021637

29. Karagiota A., Kourti M., Simos G., et al. HIF-1 $\alpha$ -derived cell-penetrating peptides inhibit ERK-dependent activation of HIF-1 and trigger apoptosis of cancer cells under hypoxia // Cell. Mol. Life Sci. 2019. Vol. 76, No. 4. P. 809–825. DOI: 10.1007/s00018-018-2985-7

30. Pak J.H., Yi J., Ryu S., et al. Induction of Redox-Active Gene Expression by CoCl<sub>2</sub> Ameliorates Oxidative Stress-Mediated Injury of Murine Auditory Cells // Antioxidants (Basel). 2019. Vol. 8, No. 9. P. 399. DOI: 10.3390/antiox8090399

31. Pastushenkov V.L., Buynov L.G., Kuznetsov M.S., et al. HIF-1 $\alpha$  as a Target Molecule in the Use of Triazino-Indole Derivative on the Acoustic Trauma Model // Audiol. Res. 2021. Vol. 11, No. 3. P. 365–372. DOI: 10.3390/audiolres11030034

## REFERENCES

1. Pankova VB, Fedina IN. *Occupational diseases of ENT organs*. Moscow: GEOTAR-Media Publisher; 2021. 544 p. (In Russ.)

2. Izmerov NF, ed. *Occupational pathology*. Moscow: GEOTAR-Media Publisher; 2011. 784 p. (In Russ.)

3. Adeninskaya EE, Gorblyansky YuYu, Khoruzhaya OG. Comparative analysis of features professional employees sensorineural hearing loss in a variety of sectors. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2013;6(94):87–91. (In Russ.)

4. Yehudai N., Fink N., Shpriz M., Marom T. Acute Acoustic Trauma among Soldiers during an Intense Combat. *J Am Acad Audiol*. 2017;28(5):436–443. DOI: 10.3766/jaaa.16043

5. Akhmetzyanov IM, Zinkin VN, Logatkin SM, et al. Impulse noise at shooting from small arms and close combat weapon as the factor of military work. *Military Medical Journal*. 2012;333(6):52–58. (In Russ.)

6. Logatkin SM, Kuznetsov SM, Terentyev LP, et al. Hygienic competence of military personnel of the artillery detachments in the sphere of application of hearing protective equipment. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2016;3(55):94–98. (In Russ.)

7. Khasiev ND, Myachin DV. Professional pathology of military service due to noise exposure. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2020;39(S1):263–265. (In Russ.) DOI: 10.17816/rmmar43451

8. Labarère J, Lemardeley P, Vincey P, et al. Traumatismes sonores aigus en population militaire. Bilan d'une année de surveillance épidémiologique. *Presse médicale*. 2000;29(24):1341–1344.

9. Medina-Garin DR, Dia A, Bedubourg G, et al. Acute acoustic trauma in the French armed forces during 2007–2014. *Noise Health*. 2016;18(85):297–302. DOI: 10.4103/1463-1741.195802

10. Marshall L, Lapsley Miller JA, Heller LM, et al. Detecting incipient inner-ear damage from impulse noise with otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*. 2009;125(2):995–1013. DOI: 10.1121/1.3050304

11. Dvoryanchikov VV, Mironov VG, GRIGOREV SG, et al. Description of the modern combat acoustic trauma. *Military Medical Journal*. 2020;341(6):16–20. (In Russ.)

12. Babaev SY, Kozarenko EA, Mitrofanova NN, et al. Treatment of gunfire-induced acoustic injury in a multidisciplinary hospital. University proceedings. Volga region. Humanities. 2018;2(46):120–130. (In Russ.)

13. Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *Br J Hosp Med (Lond)*. 2019;80(9):525–529. DOI: 10.12968/hmed.2019.80.9.525
14. Moser T. Molecular Understanding of Hearing – How Does This Matter to the Hearing Impaired? *Laryngorhinootologie*. 2018;97: 214–230. DOI: 10.1055/s-0043-121595
15. *Sensorineural hearing loss in adults*. Clinical recommendations. Moscow; 2016. 27 p. (In Russ.)
16. Wilson WR, Byl FM, Laird N. The efficacy of steroids in the treatment of idiopathic sudden hearing loss. A double-blind clinical study. *Arch Otolaryngol*. 1980;106(12):772–776. DOI: 10.1001/archotol.1980.00790360050013
17. Chang YS, Bang KH, Jeong B, et al. Effects of early intratympanic steroid injection in patients with acoustic trauma caused by gunshot noise. *Acta Otolaryngol*. 2017;137(7):716–719. DOI: 10.1080/00016489.2017.1280850
18. Choi N, Kim JS, Chang YS. Comparison of oral steroid regimens for acute acoustic trauma caused by gunshot noise exposure. *J Laryngol Otol*. 2019;133(7):566–570. DOI: 10.1017/S002221511900121X
19. Conlin AE, Parnes LS. Treatment of sudden sensorineural hearing loss: I. A systematic review. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;133(6):573–581. DOI: 10.1001/archotol.133.6.573
20. Pogson JM, Taylor RL, Young AS, et al. Vertigo with sudden hearing loss: audio-vestibular characteristics. *J Neurol*. 2016;263(10):2086–2096. DOI: 10.1007/s00415-016-8214-0
21. Mardassi A, Turki S, Mbarek H, et al. Acute acoustic trauma: how to manage and how to prevent? *Tunis Med*. 2016;94(11):664.
22. Zivić L, Zivić D, Stojanović S. Sudden hearing loss our experience in treatment with vasoactive therapy. *Srp Arh Celok Lek*. 2008;136(3–4): 91–94. DOI: 10.2298/sarh0804091z
23. Kurabi A, Keithley EM, Housley GD, et al. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss. *Hear Res*. 2017;349:129–137. DOI: 10.1016/j.heares.2016.11.013
24. Fetoni AR, Paciello F, Rolesi R, et al. Targeting dysregulation of redox homeostasis in noise-induced hearing loss: Oxidative stress and ROS signaling. *Free Radic Biol Med*. 2019;135:46–59. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.02.022
25. Rosenhall U, Skoog B, Muhr P. Treatment of military acoustic accidents with N-Acetyl-L-cysteine (NAC). *Int J Audiol*. 2019;58(3): 151–157. DOI: 10.1080/14992027.2018.154396126
26. Altschuler RA, Halsey K, Kanicki A, et al. Small arms fire-like noise: effects on hearing loss, gap detection and the influence of preventive treatment. *Neuroscience*. 2019;407:32–40. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.07.027
27. Vinogradov VM. Some results and prospects of the study of gutimine – one of the first antihypoxic drugs. In: *Pharmacology of amidine compounds*. Kishinev: Shtiintsa Publisher; 1972. P. 106–114. (In Russ.)
28. Semenza GL. Pharmacologic Targeting of Hypoxia-Inducible Factors. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2019;59:379–403. DOI: 10.1146/annurev-pharmtox-010818-021637
29. Karagiota A, Kourti M, Simos G, et al. HIF-1 $\alpha$ -derived cell-penetrating peptides inhibit ERK-dependent activation of HIF-1 and trigger apoptosis of cancer cells under hypoxia. *Cell Mol Life Sci*. 2019;76(4):809–825. DOI: 10.1007/s00018-018-2985-7
30. Pak JH, Yi J, Ryu S, et al. Induction of Redox-Active Gene Expression by CoCl<sub>2</sub> Ameliorates Oxidative Stress-Mediated Injury of Murine Auditory Cells. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(9):399. DOI: 10.3390/antiox8090399
31. Pastushenkov VL, Buynov LG, Kuznetsov MS, et al. HIF-1 $\alpha$  as a Target Molecule in the Use of Triazino-Indole Derivative on the Acoustic Trauma Model. *Audiol Res*. 2021;11(3):365–372. DOI: 10.3390/audiolres11030034

## ОБ АВТОРАХ

**Владимир Владимирович Дворянчиков**, докт. мед. наук, профессор, директор Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0925-7596>; e-mail: vmedalor@mail.ru

\***Максим Сергеевич Кузнецов**, канд. мед. наук, докторант кафедры оториноларингологии; адрес: 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5057-3486>; e-mail: mskuznecov2@mail.ru

**Андрей Евгеньевич Голованов**, канд. мед. наук, доцент, заместитель начальника кафедры оториноларингологии; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7277-103X>; e-mail: lor\_vma@mail.ru

**Лев Александрович Глазников**, докт. мед. наук, профессор, профессор кафедры оториноларингологии, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7895-0765>; e-mail: glaznikov@mail.ru

**Александр Леонидович Пастушенков**, канд. мед. наук, доцент кафедры фармакологии и фармации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1151-9900>; e-mail: palunov@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**Vladimir V. Dvoryanchikov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, the Head of the Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0925-7596>; e-mail: vmedalor@mail.ru

\***Maxim. S. Kuznetsov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Doctoral Candidate Otorhinolaryngology Department; address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5057-3486>; e-mail: mskuznecov2@mail.ru

**Andrei E. Golovanov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Deputy Head of the Otorhinolaryngology Department; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7277-103X>; e-mail: lor\_vma@mail.ru

**Lev. A. Glasnikov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Professor at the Otorhinolaryngology Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7895-0765>; e-mail: glaznikov@mail.ru

**Alexander L. Pastushenkov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology and Pharmacy Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1151-9900>; e-mail: palunov@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author